

**ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ  
ФУНДАМЕНТІВ БАГАТОПОВЕРХОВОЇ БУДІВЛІ В МІСТІ ОДЕСА**

**Новський В.О.**, к.т.н., доцент,  
novskiva@gmail.com, ORCID: 0000-0003-1404-0348

**Бічев І.К.**, к.т.н., доцент,  
ORCID: 0000-0002-3000-2600

**Вівчарук В.В.**, магістр,

**Войтенко І.В.**, к.т.н., доцент,

**Єресько О. Г.**, ст. викладач

*Одеська державна академія будівництва та архітектури*

**Анотація.** В статті наведено результати статичних випробувань ґрунтів призматичними палями на майданчику будівництва 20-поверхового житлового будинку з підземним паркінгом по вул. В. Арнаутська, 23 в м. Одеса з метою обґрунтування проектних рішень пальових фундаментів. Уточнено модуль деформації вапняку-черепашнику штампом у свердловині на різних горизонтах для оптимізації розрахунку осідання за деформаціями, а також наведено результати спостережень за осіданням будинку в процесі його будівництва. Встановлено, що значення модуля деформації, визначені в лабораторних умовах, відрізняються від значень, отриманих в польових умовах штампами.

**Ключові слова:** паля, статичні випробування, вапняк-черепашник, модуль деформації, осідання.

**Введення.** Ґрунтова товща Одеського регіону, що використовується як основа фундаментів будівель і споруд, характеризується наявністю комплексу лесових ґрунтів, які підстилаються понтичними вапняками, нижче яких залягають меотичні глини. При будівництві будинків підвищеної поверховості в м. Одеса часто використовують пальово-плитні фундаменти з призматичних паль, які спирають на червоно-бурі суглинки або глини з урахуванням підстилаючих шарів вапняку-черепашнику. В даний час фізико-механічні властивості вапняку-черепашнику вивчені недостатньо. Значне практичне значення набувають спостереження за осіданням будівель у процесі їх будівництва і подальшої експлуатації.

**Огляд останніх джерел досліджень і публікацій.** Важливим етапом проектування будинків на пальовій основі є експериментальне обґрунтування прийнятих проектних рішень, для чого виконують статичні випробування паль. Сумісна робота будівлі та основи залежить від деформативних властивостей ґрунтів, які складають цю основу. Для Одеського регіону актуальним є питання вивчення властивостей вапняку-черепашнику. В матеріалах вишукувань для цих порід зазвичай наводять відомості тільки про межу міцності на одноосьовий стиск. Параметри, що визначають деформативність, донедавна були відсутні. Вивченням цих питань займається ряд вчених, у тому числі кафедри основ і фундаментів ОДАБА [1-3]. Розроблені та апробовані методики визначення деформаційних властивостей вапняку як у лабораторних, так і польових умовах. Здійснюється накопичення та обробка експериментальних даних з метою формування регіональних норм.

**Визначення невіршених раніше частин загальної проблеми.** Дослідженнями встановлено, що модуль деформації вапняку-черепашнику, визначений у польових умовах в свердловинах на великих глибинах, у 3-4 рази вище, ніж його значення, отримані в лабораторних умовах і які наведені у звітах по інженерно-геологічним вишукуванням. Це можна пояснити структурою вапняку-черепашнику і характером ущільнення породи під випробувальним штампом. Тому будівельники звертаються до науковців, які здійснюють

накопичення та обробку експериментальних даних досліджень вапняку-черепашнику з метою формування регіональних норм, для уточнення цього показника. Будівництво у складних геологічних умовах потребує комплексного підходу до визначення особливих властивостей ґрунтової основи, експериментального обґрунтування несучої здатності фундаментів та геодезичних спостережень за осіданням будівлі під час її зведення та подальшої експлуатації. Не завжди ці вимоги виконуються повністю.

**Постановка задачі.** Визначення несучої здатності призматичних паль шляхом проведення статичних випробувань натурних зразків у польових умовах, визначення модуля деформації вапняку-черепашнику, який підстилає несучий шар паль, штампом у свердловині, а також проведення геодезичних спостережень за осіданням багатоповерхового будинку в процесі його будівництва.

**Методи досліджень.** Для вирішення поставлених задач застосовані експериментальні та розрахункові методи, які включали стандартні і розроблені з участю авторів методи визначення механічних характеристик вапняку-черепашнику в польових умовах, а також методи визначення несучої здатності буронабивних паль в глинистих і піщаних ґрунтах [4, 5].

**Результати досліджень.** На майданчику будівництва 20-поверхового житлового будинку з вбудованими приміщеннями та паркінгом за адресою: м. Одеса, вул. Велика Арнаутська, 23, були випробувані 5 технологічних паль перерізом 350×350 мм, довжиною 13,5 м (С135.35-13), прив'язка яких до геологічного розрізу показана на рис. 1, де позначено: 2 – суглинок лесоподібний, світло-бурий, твердий; 3 – суглинок лесоподібний, палевий, плинно-пластичний; 4 – суглинок лесоподібний, бурий, твердий; 5 – суглинок світло-бурий, твердий; 6 – суглинок лесоподібний, коричневий, напівтвердий; 7 – глина червоно-бура, тверда; 8 – глина зеленкувато-сіра зі щебенем, напівтверда; 9а – вапняк низької міцності; 9б – вапняк „пильний”, дуже низької міцності; 9в – вапняк низької міцності. Випробування виконані згідно вимог [6].

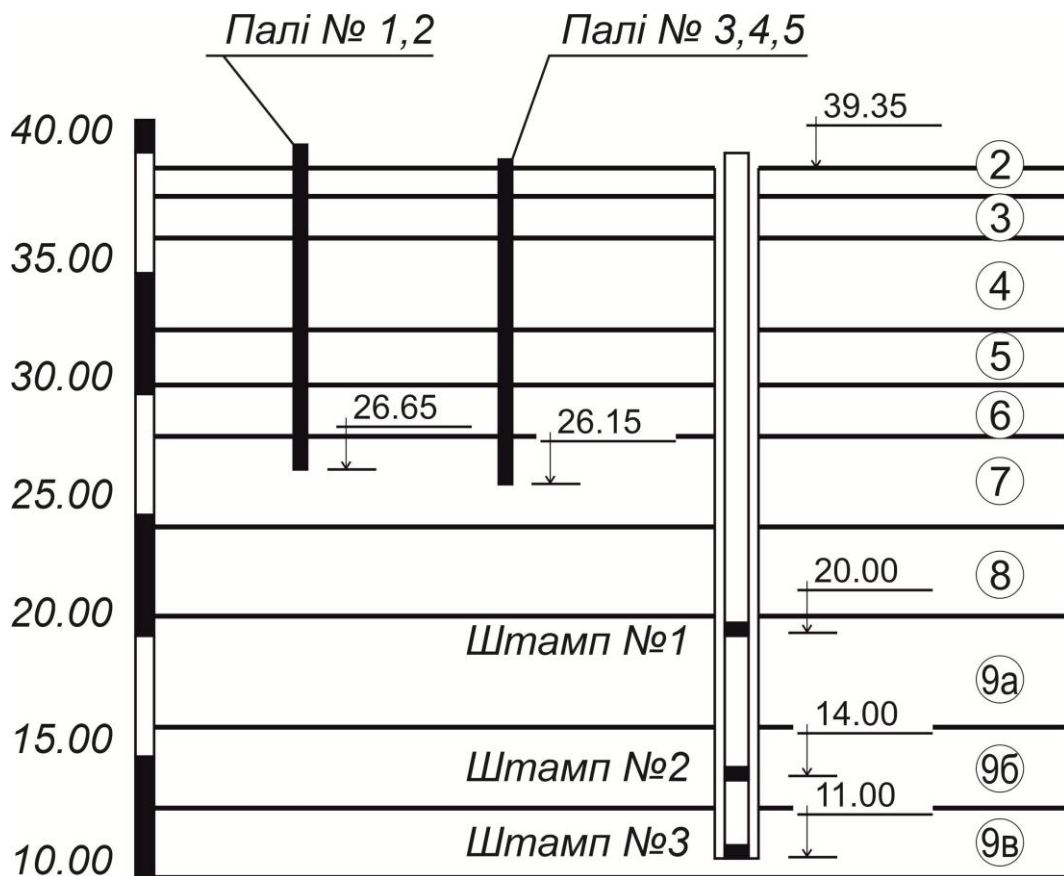


Рис. 1. Прив'язка дослідних паль і свердловини до геологічного розрізу

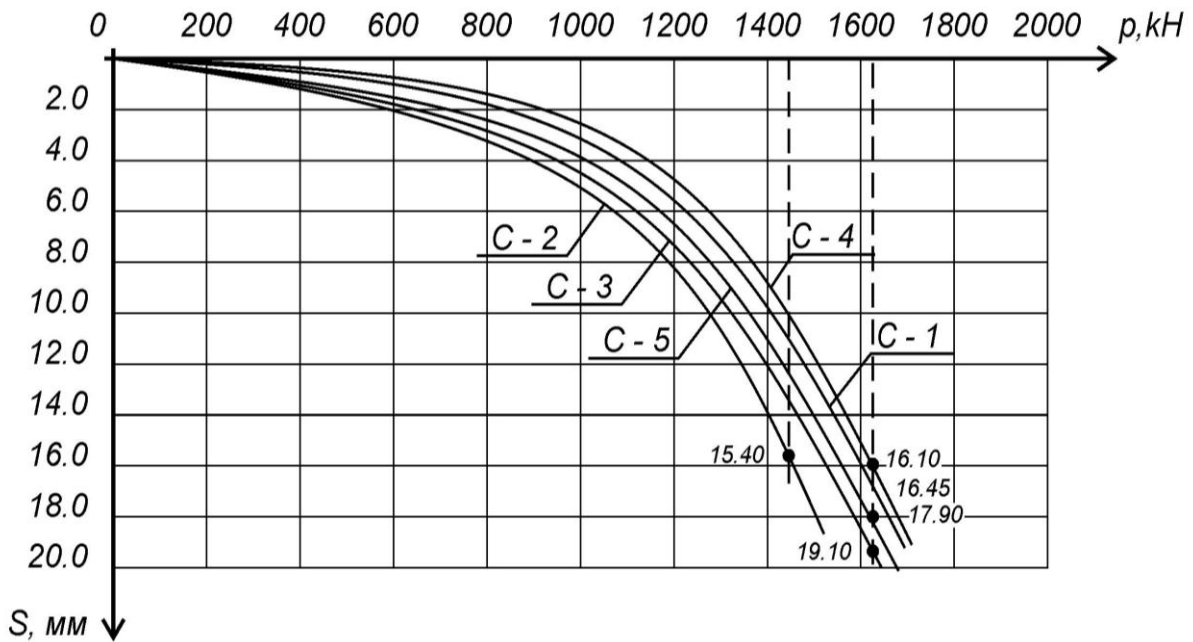


Рис. 2. Результати випробувань призматичних паль

Основою паль служить ПГЕ-7 – глина червоно-бура твердої консистенції, в яку вони були занурені на 1,5 та 2,0 м. Максимальне навантаження при контрольних випробуваннях було прийняте 1800 кН, яке передавалося двома гідравлічними домкратами ДГО – 100-2 (з автономною ручною насосною станцією), здатними передавати зусилля на палю 2000 кН. Упором для домкратів служило устаткування яке вдавлює палі.

Результати випробувань 5-ти призматичних паль С135.35-13 представлені на рис. 2.

За результатами статичних випробувань ґрунтів двома призматичними палями №1 і №2 їх несуча здатність при заглибленні до відм. 26.65 склала 1620 кН, а максимальне розрахункове навантаження – 1350 кН. За результатами статичних випробувань ґрунтів трьома призматичними палями №3, №4 і №5 їх несуча здатність при заглибленні до відм. 26.15 склала 1800 кН, а максимальне розрахункове навантаження 1500 кН. З урахуванням сейсмічності, при коефіцієнті  $k_{eg} = 0,87$ , допустиме розрахункове навантаження відповідно становило 1174 кН і 1305 кН, що перевищило проектне, яке дорівнює 1100 кН.

За результатами вимірювань переміщень верху колони труб з урахуванням їх пружного стиснення визначали осідання штампа. Основні результати досліджень наведено на рис. 3 та в табл. 1.

Для визначення осідання будівлі виникла необхідність уточнення модуля деформації вапняку-черепашнику, що підстилає червоно-бурі глини. Використовуючи значення модуля деформації шарів вапняку, які були приведені у матеріалах вишукувань (20 – 30 МПа), осідання будівлі склало більше ніж 300 мм. При таких осіданнях треба було збільшити товщину ростверку та підсилити армування. У зв'язку з цим було поставлено завдання визначити модуль деформації вапняку-черепашнику в свердловинах на трьох горизонтах. При випробуваннях був використаний штамп площею  $1590 \text{ см}^2$  (діаметр 45 см). Встановлення штампа проводили після зачистки забою свердловини спеціальним буровим наконечником в 2-3 прийоми з витяганням його на поверхню після кожної зачистки. Штамп прикріплювали до колони труб  $\varnothing 325 \text{ мм}$ , що має напрямні хомути для забезпечення щільного контакту з ґрунтом і обсадною трубою  $\varnothing 630 \text{ мм}$ , яка була занурена на глибину 13,0 м.

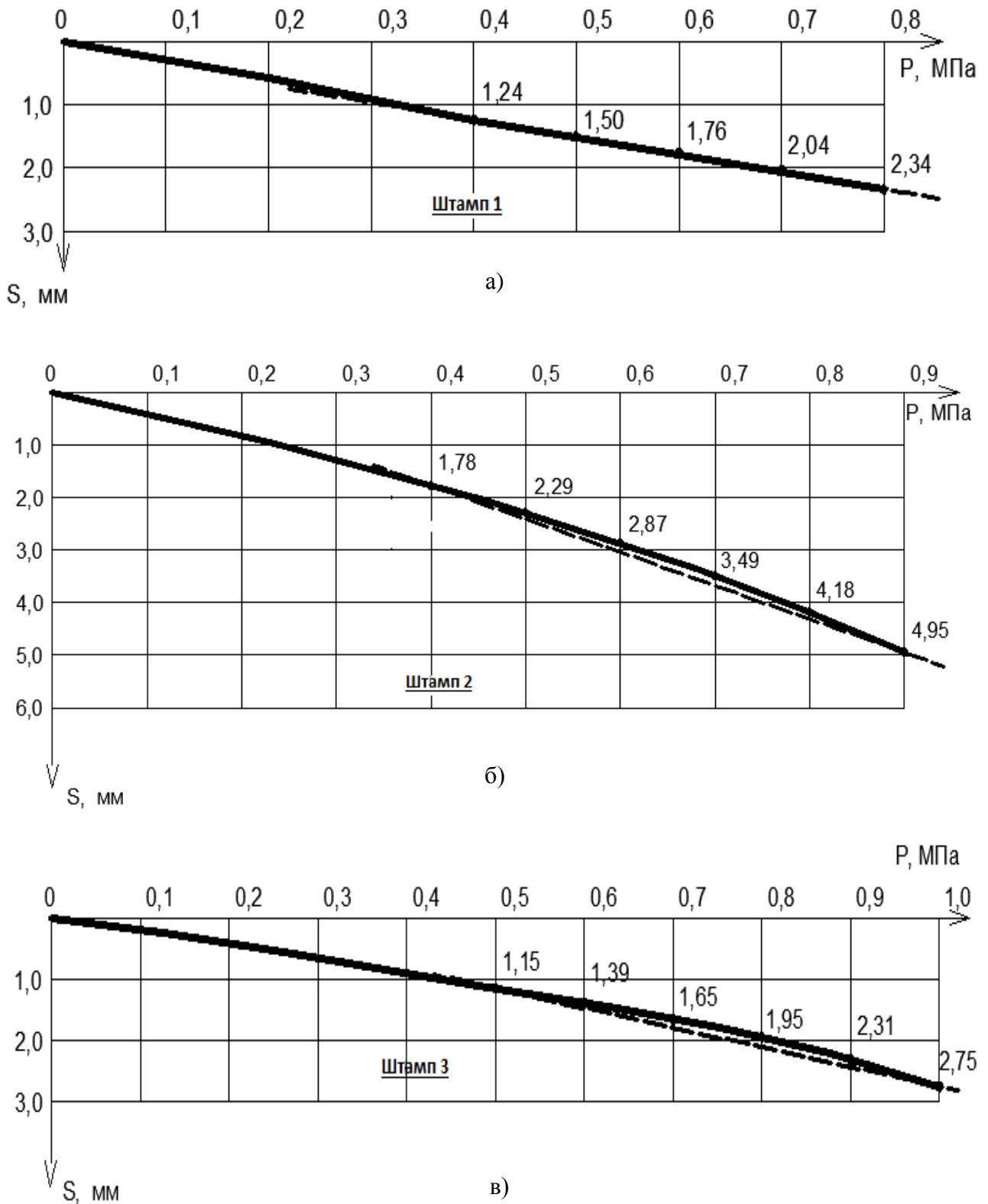


Рис. 3. Графіки залежностей переміщення штампа від навантаження при випробуваннях на різних глибинах:  
 а – Штамп 1 (отм. 20,00 м); б – Штамп 2 (отм. 14,00 м); в – Штамп 3 (отм. 11,00 м)

Таблиця 1 – Результати випробувань штампів

Відмітка штамп	$p_0$ , МПа	$p_n$ , МПа	$\Delta p$ , МПа	$\Delta s$ , см	$E$ , МПа
20.00	0,45	0,80	0,350	0,097	119
14.00	0,55	0,90	0,350	0,237	49
11.00	0,60	0,90	0,300	0,092	107

Модуль деформації ґрунтів  $E$  за результатами випробування їх штампом, визначали за формулою:

$$E = (1-\nu^2) \cdot k_p \cdot k_1 \cdot D \cdot \Delta p / \Delta s, \quad (1)$$

де  $\nu$  – коефіцієнт Пуасона, приймається рівним 0,27;  $k_p$  – дорівнює 1 при випробуванні штампів у свердловинах;  $k_1$  – коефіцієнт, що приймається рівним 0,79 для жорсткого круглого штамп;  $D$  – діаметр штамп, см;  $\Delta p$  – прирощення тиску на штамп, МПа, яке дорівнює  $p_n - p_0$ ;  $\Delta s$  – приріст осідання штамп, що відповідає  $\Delta p$ .

Геодезичні спостереження за осіданням будинку проводились з позначки будівельного нуля і далі після зведення 4-го, 8-го, 12-го, 16-го і 20-го поверхів. З отриманих результатів встановлено, що осідання марок протягом усього періоду геодезичних спостережень коливалося в межах від 11 до 22 мм. Найбільші значення осідань віднесені до деформаційних марок, розташованих у найбільш навантажених частинах будівлі у ліфтових шахт. Середнє осідання будівлі за період геодезичних спостережень склало близько 15 мм.

**Висновки.** Використання при проектуванні багатоповерхового будинку по вул. Великій Арнаутській, 23 в м. Одесі результатів статичних випробувань паль і штампів у свердловині дозволило оптимізувати прийняті рішення щодо розрахунку та конструювання пальових фундаментів. При розрахунку осідань були використані значення модулю деформації вапняку-черепашнику в залежності від шару 119, 49 та 107 МПа, замість 30, 20 та 30 МПа, які були приведені у матеріалах геологічних вишукувань за результатами лабораторних досліджень.

Геодезичний моніторинг за осіданням висотної частини будівлі показав, що всі основні параметри, що характеризують спільну роботу основи, фундаменту і надземної частини (допустиме осідання, прогин плити, крен фундаменту) знаходяться в межах, допустимих нормативними документами.

### Література

1. Новский А.В. Известняк-ракушечник. Исследование и использование в качестве основания фундаментов / А.В. Новский, В.А. Новский, Ю.Ф. Тугаенко. – Одесса: Астропринт, 2014. – 92 с.
2. Kornienko N.U. Mechanical Properties of Semi-Rocks Soils and Methods of Their Determination / N.U. Kornienko, A.V. Novskiy, A.P. Tklich, Y.F. Tugaenko // Proceedings of the 15th European Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering. – Part 1. Athens, 2011. – pp. 43-49.
3. Тугаенко Ю.Ф. Процессы деформирования ґрунтов в основаниях фундаментов свай и свайных фундаментов / Ю.Ф. Тугаенко. – Одесса: Астропринт, 2008. – 216 с.
4. Бойко І.П. Визначення несучої здатності буроін'єкційної палі великого діаметру за допомогою різних методів / І.П. Бойко, Ю.В. Карпенко, С.М. Новофастовський, В.С. Подпрятков // Основи і фундаменти. – К.: КНУБА, 2004. – Вип. 28. – С. 79-94.
5. Колесников Л.И. Экспериментальное исследование несущей способности буроинъекционных свай в основании здания Одесского театра оперы и балета / Л.И. Колесников, Ю.Ф. Тугаенко, Р.М. Кодрянова, В.М. Карпюк, В.А. Ильичев, П.А. Коновалов // Основания, фундаменты и механика ґрунтов. – 2000. – №5. – С. 23-29.
6. ДСТУ Б.В.2.1-7:2000 (ГОСТ 20276-99). Ґрунти. Методи польового визначення характеристик міцності і деформованості. – К., Державний комітет будівництва, архітектури та житлової політики України, 2001. – 48 с.

## References

- [1] A.V. Novskiy, V.A. Novskiy, Y.F. Tugaenko, *Izvestnyak-rakushechnik. Issledovanie i ispol'zovanie v kachestve osnovaniya fundamentov*. Odessa: Astroprint, 2014.
- [2] N.U. Kornienko, A.V. Novskiy, A.P. Tklich, Y.F. Tugaenko, "Mechanical Properties of Semi-Rocks Soils and Methods of Their Determination", *Proceedings of the 15th European Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering*, Part 1, Athens, pp. 43-49, 2011.
- [3] Y.F. Tugaenko, *Processy deformirovaniya gruntov v osnovaniyah fundamentov svaj i svajnyh fundamentov*. Odessa: Astroprint, 2008.
- [4] I.P. Boyko, Y.V. Karpenko, S.M. Novopoltavsky, V.S. Podpryatov, "Vuznachennya nesuchoi zdatnosti buroiny'ekciynoi pali velukogo diametru za dopomogoyu riznux metodiv", *Osnovi i fundamenti*, K.: KNUBA, Vol. 28, pp. 79-94, 2004.
- [5] L.I. Kolesnikov, Y.F. Tugaenko, R.M. Kodryanova, V.M. Karpyuk, V.A. Ilichev, P.A. Konovalov, "Eksperemental'noe issledovanie nesushey sposobnosti buroin'ekcionnuch svaj v osnovanii zdaniya Odesskogo teatra operu i baleta", *Osnovaniya, fundamentu i mehanika gruntov*, no. 5, pp. 23-29, 2000.
- [6] DSTU B.V.2.1-7:2000 (GOST 20276-99). *Grunti. Metodi pol'ovogo viznachennya harakteristik micnosti i deformovanosti*. K., Derzhavnij komitet budivnictva, arhitekturi ta zhitlovoi politiki Ukraïni, 2001.

### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ ФУНДАМЕНТОВ МНОГОЭТАЖНОГО ЗДАНИЯ В ГОРОДЕ ОДЕССЕ

**Новский В.А.**, к.т.н., доцент,  
novskiva@gmail.com, ORCID: 0000-0003-1404-0348

**Бичев И.К.**, к.т.н., доцент,  
ORCID: 0000-0002-3000-2600

**Вивчарук В.В.**, аспирант,

**Войтенко И.В.**, к.т.н., доцент,

**Ересько Е.Г.**, ст. преподаватель,

*Одесская государственная академия строительства и архитектуры*

**Аннотация.** В статье приведены результаты статических испытаний грунтов призматическими сваями на площадке строительства 20-этажного жилого дома по ул. Б. Арнаутская, 23 в г. Одессе с целью обоснования проектных решений свайных фундаментов. По результатам статических испытаний грунтов, двумя призматическими сваями №1 и №2, их несущая способность при погружении до отм. 26.25 составила 1620 кН, а максимальная расчетная нагрузка – 1350 кН. По результатам статических испытаний грунтов тремя призматическими сваями №3, №4 и №5 их несущая способность при погружении до отм. 26.15 составила 1800 кН, а максимальная расчетная нагрузка – 1500 кН. С учетом сейсмичности при коэффициенте  $k_{eg} = 0,87$  допустимая расчетная нагрузка соответственно составила 1174 кН и 1305 кН, что превысило проектную равную 1100 кН.

Уточнен модуль деформации известняка-ракушечника штампом в скважине для оптимизации расчета основания по деформациям, поскольку в материалах изысканий для этих пород обычно приводят сведения только о пределе прочности на одноосевое сжатие. Установлено, что значения модуля деформации, определенные в лабораторных условиях, отличаются от значений, полученных в полевых условиях штампами. В связи с этим был определен модуль деформации известняка-ракушечника в скважинах на трех горизонтах. Для ИГЭ – 9а известняка низкой прочности, – он составил 119 МПа; для ИГЭ – 9б известняка «пильного», низкой прочности – он составил 49 МПа; а для ИГЭ – 9в известняка низкой прочности, – он составил 107 МПа.

Геодезические наблюдения за осадками здания проводились с отметки строительного нуля и далее после возведения 4-го, 8-го, 12-го, 16-го и 20-го этажей. По полученным результатам установлено, что осадка марок в течение всего периода геодезических наблюдений колебалась в пределах 11 – 22 мм, при среднем значении 15 мм.

**Ключевые слова:** свая, статические испытания, известняк-ракушечник, модуль деформации, осадка.

**THE EXPERIMENTAL BASIS OF THE DESIGN SOLUTIONS OF THE FOUNDATIONS OF A HIGH-RISE BUILDING IN THE CITY OF ODESSA**

**Novskiy V.A.**, Ph.D., Assistant Professor,  
novskiva@gmail.com, ORCID: 0000-0003-1404-0348

**Bichev I.K.**, Ph.D., Assistant Professor,  
ORCID: 0000-0002-3000-2600

**Vivcharuk V.V.**, graduate student,

**Voitenko I.V.**, Ph.D., Assistant Professor,

**Yresko E. G.**, Senior Lecturer,

*Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture*

**Abstract.** The article presents the results of slow soil tests with prismatic piles at the construction site of a 20-storey residential building on the B. Arnavskaya 23 Street in Odessa in order to justify the design solutions of pile foundations. According to the results of slow soils tests with two prismatic piles №1 and № 2 their bearing capacity by penetrating to the mark 26.25 made up 1620 kH, and maximum structural design load-1350 kH.

According to the results of slow soils tests with two prismatic piles №3, № 4 and № 5 their bearing capacity by penetrating to the mark 26.15 made up 1800 kH., and maximum structural design load-1500 kH. Taking into account the seismic activity with the index  $k_{eg}=0,87$  allowable structural design load accordingly made up 1174 kH, and 1305 kH, which exceeded design, equal to 1100 kH.

The modulus of deformation of limestone shell stone was clarified by a die block at the well to optimize the calculation of the base for the deformations, since in survey materials for these rocks, information is usually given only on the strength limit for unit single compressive. It has been established that the definitions of the modulus of deformation determined in laboratory conditions differ from the values obtained by a die block in the real-life conditions. In this regard, the modulus of deformation of shell limestone in wells on three horizons was determined. For EGE-9-a-limestone of low strength, it was 119 MPa; for EGE-9b-limestone sawn, low strength, - it was 49 MPa; and for IGE-9v-limestone, low strength, - it was 107 MPa.

Geodetic observations of the settlement of the building were carried out from the mark of construction zero and further after the construction of the 4th, 8th, 12th, 16th and 20th floors. According to the obtained results, it was established that the settlement varied from 11 to 22 mm during the entire period of geodetic observations. The average settlement of the building for the period of geodetic observations made up 15 mm.

**Keywords:** pile, static test, shell limestone, modulus of deformation, settlement.

Стаття надійшла 7.05.2019